



**Efecto alelopático del extracto de semillas de chamba  
(*Campomanesia lineatifolia*) sobre la germinación y crecimiento de plántulas  
de cerraja (*Sonchus oleraceus* L.) en condiciones de laboratorio**

**Claudia Andrea Martínez Cárdenas.**

**Universidad Nacional Abierta Y A Distancia (UNAD).  
Tunja Boyacá.  
Agosto 2019.**

**Efecto alelopático del extracto de semillas de chamba  
(*Campomanesia lineatifolia*) sobre la germinación y crecimiento de plántulas  
de cerraja (*Sonchus oleraceus* L.)**

**Trabajo de grado para optar al título de Agrónoma  
Claudia Andrea Martínez Cárdenas**

**Director:**

**Jorge Armando Fonseca Carreño  
Ingeniero Agrónomo, Magister en Ciencias Agrarias**

**Universidad Nacional Abierta y a Distancia  
Escuela: Ciencias Agrícolas Pecuarias Y Del Medio Ambiente  
Agronomía  
Tunja – Boyacá  
Zona centro  
2019**

### **Dedicatoria**

Dedico este proyecto de investigación principalmente a Dios, por permitirme culminar con éxito mi carrera como Agrónoma, para poder continuar con las metas trazadas y haber podido llegar hasta este momento tan importante en mi vida. A mi esposo Helber Enrique Balaguera por su apoyo incondicional siendo mi guía de este proyecto, muchas gracias mi amor. A mis padres

María Belén Cárdenas y Jorge Eduardo Martínez muchas gracias por la vida y su ayuda desinteresada, de igual forma agradezco a mis hermanos Jorge Alexander y Cesar Yamith, a Sebastián Jaimes mi hijo adoptivo que de una u otra forma me animó mucho para llegar hasta aquí, gracias por ser el pilar que nos impulsa a ser mejores personas cada día, a Kanela y Princesa siendo mi compañía fiel todos los días, a todos lo amo infinitamente.

Agradezco a Dios por guiarme, protegerme y cuidarme, a Helber Enrique Balaguera y Jorge Armando Fonseca Carreño quienes me dieron la enseñanza, para realizar este proyecto de tesis, a todos mis profesores que durante la carrera estuvieron presentes, a la UNAD por prestarme el laboratorio para el desarrollo de este proyecto, gracias por brindarme todo el conocimiento, aprendizaje, ayuda y compromiso.

La cerraja (*Sonchus oleraceus* L.) es considerada como una arvense de desarrollo relativamente rápido, esta genera altas pérdidas en los cultivos importantes en el departamento de Boyacá. Además se debe buscar una alternativa al control químico de esta especie. De otra parte, la chamba (*Campomanesia lineatifolia*) es un árbol frutal cuyas semillas presentan efecto bioherbicida que se convertiría en una alternativa para disminuir en el uso de herbicidas químicos. Por tanto el objetivo fue evaluar el efecto alelopático del extracto de semillas de chamba (*Campomanesia lineatifolia*) sobre la germinación y crecimiento de plántulas de cerraja (*Sonchus oleraceus* L.) en condiciones de laboratorio. El estudio se llevó a cabo en dos fases. En la primera fase se evaluó germinación con 2 experimentos, el primero consistió en la adición del extracto etanólico de *C. lineatifolia* cada tercer día, en el segundo experimento el extracto solo se adicionó en la siembra. En los dos casos se utilizó un diseño completamente al azar con 4 tratamientos correspondientes a 4 concentraciones de extracto de semillas de chamba (0, 3, 6 y 9%). En la segunda fase se hizo la aplicación de los extractos vía foliar a las plantas con las mismas concentraciones. El extracto de semillas de *Campomanesia lineatifolia* inhibió la germinación de las semillas de *Sonchus oleraceus*, solo hubo germinación en las semillas sin extracto (testigo), en la fase 1 tanto con aplicación continua del extracto como aplicado solo una vez a la siembra. Como no hubo germinación con los extractos de *C. lineatifolia* no se pudo ver efecto inhibitorio directo sobre el crecimiento de las plántulas a través del número de hojas, longitud de raíces y tallo. En la fase 2 de aplicación foliar se observó una incidencia del 100% con cualquiera de las concentraciones evaluadas con síntomas de clorosis y necrosis, la severidad del daño se observó desde el día 2 después de la aplicación indicando que el efecto bioherbicida es rápido, con cualquier concentración del extracto se observaron síntomas de daño en las plantas de *Sonchus oleraceus* pero con la mayor dosis o sea 9% el daño fue mayor, no obstante no se logró causar la muerte de las plantas. De lo anterior se concluye que el extracto etanólico de las semillas de *C. lineatifolia* presenta efecto como bioherbicida sobre las semillas y plantas de *Sonchus oleraceus*.

Palabras clave: Bioherbicida, inhibición de la germinación, severidad del daño.

The “cerraja” (*Sonchus oleraceus* L.) is considered a relatively fast development weed, which generates high losses in important crops in the department of Boyacá. In addition, an alternative to the chemical control of this species should be sought. On the other hand, the chamba (*Campomanesia lineatifolia*) is a fruit tree whose seeds have a bioherbicidal effect that would become an alternative to reduce the use of chemical herbicides. Therefore, the objective was to evaluate the allelopathic effect of chamba (*Campomanesia lineatifolia*) seed extract on the germination and growth of “cerraja” seedlings (*Sonchus oleraceus* L.) under laboratory conditions. The study was carried out in two phases. In the first phase germination was evaluated with 2 experiments, the first consisted of the addition of the ethanolic extract of *C. lineatifolia* every third day, in the second experiment the extract was only added in the sowing. In both cases, a completely randomized design was used with 4 treatments corresponding to 4 concentrations of chamba seed extract (0, 3, 6 and 9%). In the second phase, were applied the foliar extracts to plants with the same concentrations. The seed extract of *Campomanesia lineatifolia* inhibited the germination of the seeds of *Sonchus oleraceus*, there was only germination in the seeds without extract (control), in phase 1 both with continuous application of the extract and applied only once to the sowing. As there was no germination with *C. lineatifolia* extracts, no direct inhibitory effect on seedling growth could be seen through the number of leaves, root length and stem. In phase 2 of foliar application, an incidence of 100% was observed with any of the concentrations evaluated with symptoms of chlorosis and necrosis, the severity of the damage was observed from day 2 after application indicating that the bioherbicidal effect is rapid, with at any concentration of the extract, symptoms of damage were observed in the plants of *Sonchus oleraceus* but with the highest dose or 9% the damage was greater, however it was not possible to cause the death of the plants. From the above it is concluded that the ethanolic extract of the seeds of *C. lineatifolia* has an effect as bioherbicide on the seeds and plants of *Sonchus oleraceus*.

Keywords: Bioherbicide, germination inhibition, damage severity.

## Tabla de Contenido

vii

INTRODUCCIÓN .....	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	3
JUSTIFICACIÓN .....	4
OBJETIVOS .....	5
MARCO TEÓRICO.....	6
Generalidades de las malezas.....	6
Generalidades de la alelopatía .....	7
Agentes alelopáticos .....	8
Potencial alelopático de la Chamba ( <i>Campomanesia lineatifolia</i> Ruiz y Pav, 1798) .....	8
MATERIALES Y MÉTODOS .....	10
Ubicación .....	10
Diseño experimental y tratamientos.....	10
Sistema de variables.....	12
Análisis estadístico.....	14
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	15
Fase 1. Aplicación en preemergencia .....	15
Fase 2. Aplicación en postemergencia.....	22
CONCLUSIONES .....	26
RECOMENDACIONES.....	27
LISTA DE REFERENCIAS .....	28

Tabla 1. Fórmulas para el cálculo de variables.....	13
Tabla 2. Sistema de evaluación visual de control de malezas.....	13
Tabla 3. Vista montaje Fase 1 (Experimento 1-2) Vista montaje Fase 2(Experimento 3).....	14
Tabla 4. Germinación de <i>S. Oleraceus</i> bajo el efecto de los extractos de <i>C. lineatifolia</i> .....	16
Tabla 5. Síntoma de daño causado en hojas de <i>S. oleraceus</i> por aplicación de extracto etanólico de <i>C. lineatifolia</i> .....	23



Figura 1. Mezcla balanceada de semillas de cerraja ( <i>Sonchus oleraceus</i> L.), B. Siembra en cajas Petri fase 1-2. C. Siembra en materas fase 3.....	11
Figura 2. Planta de <i>S. oleraceus</i> en el momento de la aplicación de los extractos vía foliar.....	12
Figura 3. Efecto bioherbicida del extracto alelopático de semillas de <i>Campomanesia lineatifolia</i> sobre el porcentaje de germinación de semillas de <i>Sonchus oleraceus</i> .....	15
Figura 4. Efecto bioherbicida del extracto alelopático de semillas de <i>Campomanesia lineatifolia</i> sobre la velocidad media de germinación de semillas de <i>Sonchus oleraceus</i> .....	18
Figura 5. Efecto bioherbicida del extracto alelopático de semillas de <i>Campomanesia lineatifolia</i> sobre el tiempo medio de germinación de semillas de <i>Sonchus oleraceus</i> .....	19
Figura 6. Plántulas de <i>S. oleraceus</i> tratamiento testigo.....	20
Figura 7. Efecto bioherbicida del extracto alelopático de semillas de <i>Campomanesia lineatifolia</i> sobre el número de hojas de plántulas de <i>Sonchus oleraceus</i> .....	20
Figura 8. Efecto bioherbicida del extracto alelopático de semillas de <i>Campomanesia lineatifolia</i> sobre la longitud de raíz de plántulas de <i>Sonchus oleraceus</i> .....	21
Figura 9. Efecto bioherbicida del extracto alelopático de semillas de <i>Campomanesia lineatifolia</i> sobre la longitud del tallo plántulas de <i>Sonchus oleraceus</i> .....	21
Figura 10. Efecto bioherbicida del extracto alelopático de semillas de <i>Campomanesia lineatifolia</i> sobre la incidencia de daño en plantas de <i>Sonchus oleraceus</i> .....	22
Figura 11. Efecto bioherbicida del extracto alelopático de semillas de <i>Campomanesia lineatifolia</i> sobre la severidad del daño en plantas de <i>Sonchus oleraceus</i> .....	24

## INTRODUCCIÓN

A nivel mundial cada día se pierden toneladas de alimentos por diferentes causas que inician desde la producción agrícola hasta el consumo final en los hogares (Stuart, 2009). Las malezas, se consideran en un factor de incidencia en la pérdida de alimentos de origen agrícola (Cerna, 2013), el término malezas tiene como concepto antropogénico, y consiste en que se puede considerar como “una planta que crece fuera de lugar”, o planta que se desarrolla donde no es deseada (Cerna, 2013; Monaco *et al.*, 2002; Hakansson, 2003). Las malezas constituyen una restricción muy importante sobre la producción en la mayor parte de los sistemas cultivados de todo el mundo (Scursoni, 2009).

Los cultivos sembrados a altitudes mayores a 2000 msnm se desarrollan diferentes clases de malezas, entre las que se destaca *Sonchus oleraceus* L. por predominar en cultivos tales como papa (*Solanum tuberosum* L.), lechuga (*Lactuca sativa* L.), repollo (*Brassica oleracea* var. capitata L.), coliflor (*Brassica oleracea* var. Botrytis L.), brócoli cebolla de bulbo (*Allium cepa* L.), maíz (*Zea mays* L.), frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), arveja (*Pisum sativum* L.), haba (*Vicia faba* L.) entre otros que además son altamente cultivados y de gran importancia en el departamento de Boyacá (DANE, 2012).

Por otro lado, algunos cambios fisiológicos, bióticos y adaptativos han conllevado a la aparición de muchas especies como malas hierbas que están afectando los sistemas agrícolas, de igual manera prácticas agronómicas tales como la aplicación de herbicidas, la labranza, la aplicación de fertilizantes y la irrigación (Brand *et al.*, 2007). La agricultura moderna utiliza extensivamente agroquímicos, los cuales tienen un fuerte impacto en el ecosistema ambiental y en muchos casos constituyen un serio riesgo para la salud humana (Fernández, 2006). Es por eso que se buscan alternativas sostenibles, sustentables y ecológicas.

Se habla de alelopatía cuando a un cultivo lo afectan de forma positiva o negativa otras plantas (Recasens & Conesa, 2009), una sustancia alelopática hace referencia en la agricultura a extracciones acuosas producidas por las plantas que tienen efecto inhibitor o estimulante en cultivos, estas extracciones pueden tener contenidos de aleloquímicos (Blanco Valdes, 2006), que se pueden utilizar en la agricultura como por ejemplo como bioherbicidas, la alelopatía surge a partir de fuentes naturales, que, en principio, puede ser más específica en su modo de acción, y más tolerables con el ambiente (Oliveros, 2008).

En relación a lo anterior, se ha evidenciado que la actividad alelopática está relacionada con determinados grupos de compuestos, como, fenoles simples, flavonoides, terpenoides, alcaloides, ácidos grasos, poliacetilenos. Sin embargo, identificar cada uno de los compuestos químicos del extracto y determinar cuál es el responsable del efecto alelopático es una tarea muy complicada y difícil de abordar (Lorenzo, 2010), ya que por lo general existe aún una escasa información, aunque en los últimos años se han hecho progresos sobre el estudio de esta actividad (Gómez, 2008). Dentro de las especies alelopáticas con

potencial importante se incluyen algunas mirtáceas como el arazá (Osorio, 2009). Según Salinas (2016), el extracto de las semillas chamba (*Campomanesia lineatifolia* Ruiz y Pav.) generó inhibición en la germinación semillas de un 100% en rábano (*Raphanus sativus*) y en maíz (*Zea Mays*) del 50%. En cuanto los otros datos tomados en plántulas de maíz no se presentaron diferencias significativas. Estos resultados revelan que la especie *Campomanesia lineatifolia* contiene sustancias que interfieren en procesos biológicos. Por lo tanto, es un posible candidato para el aislamiento y la identificación de compuestos alelopáticos (Salinas, 2016).

Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto alelopático del extracto de semillas de chamba (*Campomanesia lineatifolia*) sobre la germinación y crecimiento de plántulas de cerraja (*Sonchus oleraceus* L.).

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la producción agrícola las malezas pueden convertirse en una de las principales limitaciones bióticas en los países en desarrollo porque no se les presta la adecuada atención, debido al poco estudio y escaso conocimiento de aspectos relativos a la interferencia por ausencia de programas nacionales de investigación sobre su eco biología y control (Mortimer, 1997; Labrada *et al.*, 1997). Las malezas pueden afectar en la disminución de la producción entre 30 y 50 % de los cultivos (Plaza *et al.*, 2006), y el rendimiento, perjudicando la cantidad y calidad de la producción agrícola, además de interferir en las labores de cosecha (Menalled, 2010), hospedar patógenos causantes de enfermedades e insectos plagas (Culliney, 2005) y competir con el cultivo principal por recursos para su supervivencia, como; agua, nutrientes, luz y espacio (Mijani *et al.*, 2013).

En cuanto a la especie *Sonchus oleraceus* L., o cerraja esta es considerada como una maleza de desarrollo relativamente rápido, hospedante de varias especies de áfidos transmisores de virus, hongos patógenos, nematodos e insectos que atacan diferentes cultivos (Rzedowski, 1997), además de haberse reportado en Australia su resistencia al clorsulfuron (Heap, 1997). Esta se desarrolla en praderas y en cultivos comerciales tales como; lechuga (*Lactuca sativa*), repollo (*Brassica oleracea* var. capitata), arveja (*Pisum sativum*), entre otros que además son altamente cultivados en el departamento de Boyacá (DANE, 2012). Dicha especie genera pérdidas en la productividad hasta del 90% como en el caso del ajo (*Allium sativum*) (Fuentes y Romero, 1991).

Asimismo, el principal método de manejo de la cerraja es el químico, mediante el uso de herbicidas que generan efectos negativos sobre el ecosistema y la salud humana, por tanto, se buscan alternativas ecológicas como la alelopatía, pero se desconoce qué efecto pueda tener el extracto de semillas de chamba (*Campomanesia lineatifolia*) sobre la germinación y crecimiento de plántulas de cerraja.

Por lo anterior, se quiso dar respuesta a la siguiente pregunta: ¿Cuál es el efecto alelopático del extracto de semillas de chamba (*Campomanesia lineatifolia*) sobre la germinación y crecimiento de plántulas de cerraja (*Sonchus oleraceus* L.) en condiciones de laboratorio?.

## JUSTIFICACIÓN

El sector agrícola tiene una importancia incuestionable en la mayoría de los países, ya sea como fuente de alimentos, materias primas y energía, como parte de cadenas agroindustriales de producción, como eje de economías regionales, o como fuente de empleo e ingresos por exportación (Piñeiro, 2000). Por esta razón, cualquier esfuerzo que se realice para favorecer el sector agrícola tendrá alto impacto. En este caso se busca una alternativa al manejo químico de la maleza conocida como cerraja o *S. oleraceus*, que se caracteriza por afectar varios cultivos importantes en el departamento de Boyacá (DANE, 2012).

El uso alelopático de extracto de semilla de *C. lineatifolia* para controlar a *S. oleraceus* se convertiría en una alternativa muy importante que favorecería al agricultor en el sentido que tendría la posibilidad de disminuir los costos en el uso de herbicidas químicos, se disminuye el riesgo de resistencia a los herbicidas, así como el daño que pueden causar estos productos al ambiente y a la salud no solo de los agricultores sino también de los consumidores.

De otra parte, el uso de las semillas de *C. lineatifolia* favorecería a los productores de esta especie, que utilizan la pulpa para consumo, pero desechan las semillas, además, se le podría dar una eficiente utilización a las más de 370 toneladas que se producen en la región de Lengupá (Boyacá) anualmente que se pierden por un manejo inadecuado en la cosecha y poscosecha (López y Rodríguez, 1995).

Con este estudio también se pretende dar a conocer y validar metodologías del uso de compuestos alelopáticos en el control de malezas en el país, pues en general este tipo de estudios son escasos y en el caso puntual de *C. lineatifolia* aplicado directamente a especies consideradas como malezas sería el primero, considerando que puede ser un aporte muy valioso a la investigación.

## OBJETIVOS

### General

- Evaluar el efecto alelopático del extracto de semillas de chamba (*Campomanesia lineatifolia*) sobre la germinación y crecimiento de plántulas de cerraja (*Sonchus oleraceus* L.) en condiciones de laboratorio (in vitro).

### Específicos

- Determinar el efecto alelopático del extracto de semillas de chamba (*Campomanesia lineatifolia*) sobre la germinación de semillas de cerraja (*Sonchus oleraceus* L.).
- Estudiar el efecto alelopático del extracto de semillas de chamba (*Campomanesia lineatifolia*) sobre el crecimiento, la incidencia y la severidad del daño en plántulas de cerraja (*Sonchus oleraceus* L.).

## MARCO TEÓRICO

### Generalidades de las malezas

Desde el punto de vista agronómico se puede considerar una planta como maleza cuando es inoportuna o limita el crecimiento de las plantas deseables (Cerna, 2013). En general, se dice que estas plantas expresan una noción de nocividad por su intención conceptual, más no corresponde a una realidad natural (Dekker, 2011), ya que no existe ningún atributo morfológico o fisiológico que permita caracterizar a una especie vegetal como maleza (Sabbatini *et al.*, 2004).

Por tanto, el rendimiento de los cultivos disminuye por efecto de malezas, que interfieren con las actividades agrícolas y han sido definidas como plantas que presentan riesgos actuales o potenciales para los intereses económicos de las especie; además, se reconocen por generar daños a los cultivos, esto en el caso de especies que cuentan con habilidades competitivas que garantizan su permanencia en los agroecosistemas (Zimdahl, 2007; Cerna, 2013); dicha competencia entre cultivo y malezas es por factores vitales como agua, luz, nutrientes y espacio (Mijani *et al.*, 2013).

Cobb y Reade (2010) indican que las pérdidas en cultivos ocasionadas por malezas a nivel mundial en términos generales son para África 16,5%, Norte América 11,4%, Latinoamérica 13,4%, Asia 14,2%, Europa 8,3%, Antigua Unión Soviética 13,0% y Oceanía 9,6%. Además de que se estima que la utilización de herbicidas para su control representa el 80% del consumo total de plaguicidas para la protección de un cultivo (Ferrero y Tinarelli, 2008), cifra que resulta de vital importancia en un programa de manejo integrado de malezas.

### Generalidades de *Sonchus oleraceus* L.

Esta especie pertenece a la familia Asteraceae (Pruski y Sancho, 2004). Es una planta anual, con una altura de 1,2 a 2 m de alto; tallo erecto, más o menos ramoso, con glabro o pelos (vilano o papús). Las hojas pueden ser muy variables en forma y tamaño, sin embargo a menudo son pinnatisectas (Rzedowski y Rzedowski, 2001). Las flores se presentan en capítulos terminales, raquis con pelos glandulares, conspicuos, purpúreos, corola basalmente tubular, blanquecina, lígula oblonga, ventralmente cóncava, amarillo intenso, con ovario ínfero. La especie presenta aquenio oblanceolado y vilano persistente (Fuentes *et al.*, 2011). Presenta diferentes nombres comunes, dentro de ellos está cerraja, lechosa o lechuguilla. Planta nativa de Eurasia. Ampliamente distribuida por el mundo. En Colombia se halla presente en las zonas altas de casi todo el territorio (Fuentes *et al.*, 2011).

*S. oleraceus* L. es considerada una especie común en cultivos hortícolas, caracterizada por ser una de las principales hospederas de mosca blanca de cultivos bajo invernadero, plaga importante en cultivos de tomate, melón, ají y otras hortalizas (Gonsebatt, 2005). Pero también puede ser útil para el control biológico ya que actúa como trampa natural de

pulgonos (*Hemiptera aphididae*) (Ortega, 2006) y también, como hospedera de enemigos naturales (Mairosser y Cano, 2006).

Esta posee características como su facilidad de dispersión de semillas, debido a la alta producción de semillas y a su diseminación a través del viento, mecanismo conocido como anemocoria (Labrada *et al.*, 1996). Además, presenta latencia de las semillas, su germinación se da de forma escalonada, razones por las cuales su manejo es complejo (Blanco y Leyva, 2007). *S. oleraceus* se dice que estas poseen una gran capacidad competitiva dada su elevada densidad y su rápida acumulación de materia seca, por lo cual son capaces de superar en número a un cultivo con fines comerciales, lo que finalmente se convierte en un problema con numerosas desventajas (Patro, 2010).

Las semillas son la principal fuente de dispersión y propagación de estas plantas (Koornneef *et al.*, 2002), las cuales requieren para la germinación de factores como: agua, oxígeno, temperatura y la presencia o ausencia de luz (Mijani *et al.*, 2013). Dichas semillas se dispersan generalmente con ayuda del viento y de animales al ser consumidas por estos, además se ha podido cuantificar el número de semillas en 18.000 semillas/planta, con un porcentaje de viabilidad de 95% (Arrieta, 2001).

Por otro lado, cabe resaltar que, pese a los esfuerzos realizados en los últimos años, han aparecido biotipos resistentes a herbicidas, lo cual dificulta su manejo y control (Guglielmini *et al.*, 2007; Vencill *et al.*, 2012), causando así un alto impacto negativo sobre el rendimiento de los cultivos (Menalled, 2010). Situación que conlleva a la búsqueda de nuevas alternativas de manejo, dentro de las cuales se pueden incluir los extractos alelopáticos.

### **Generalidades de la alelopatía**

El término alelopatía (del griego allelon = uno al otro, del griego pathos = sufrir; efecto injurioso de uno sobre otro) fue utilizado por primera vez por Molisch en 1937, quien lo define como “proceso en el que una planta desprende al medio ambiente, uno o varios, compuestos químicos que inhiben el crecimiento de otra planta que vive en el mismo hábitat o en un hábitat cercano”. Este fenómeno consiste en la liberación de distintos compuestos químicos generados por la planta (donadora) al entorno a partir de cuatro mecanismos de excreción, estos son fenómenos de volatilización, lixiviado, descomposición de partes de la planta en el suelo y exudados por raíz, los cuales son incorporados por otra planta (receptora) pudiendo ser perjudicial o benéfico sobre procesos de germinación, crecimiento o desarrollo (Oliveros, 2008).

Los efectos alelopáticos se manifiestan generalmente por inhibición o retraso de la germinación de las semillas, semillas necrosadas, retardo en el crecimiento de la raíz y el tallo, necrosis en la raíz, pérdida de los pelos radicales, reducción de la acumulación de la masa seca y reducción en la capacidad reproductiva (Fernández, 2006). La alelopatía depende de varios factores como la presencia de suficiente concentración de compuestos



alelopáticos en el suelo y un contacto directo con una planta susceptible (Bower, 1991; Puente, 1998; Valdés, 2008).

### **Agentes alelopáticos**

Los agentes alelopáticos son metabolitos secundarios los cuales son sintetizados y almacenados en diferentes células de la planta, puede ser forma libre o conjugada con otras moléculas y son liberados al entorno en respuesta a diferentes factores estrés bióticos o abióticos (Maldonado, 2008). Los principales compuestos alelopáticos son los fenólicos y los terpenoides.

Compuestos fenólicos: varía considerablemente de acuerdo con el tipo de compuesto y a la especie. Entre estos están incluidos los fenoles simples (ácido benzoico), fenilpropanoides (ácido cinámico), quinonas (juglona y sorgolenona), flavonoides (kaempferol y quercetina), y cumarinas, que presentan efecto en la reducción de la germinación y crecimiento de tallos y raíces, interfieren en la fotosíntesis, la respiración, la nutrición y el metabolismo de las plantas (García, 2013).

Principalmente los terpenos volátiles, muestran una acción alelopática importante (García, 2013). Se ha encontrado que son inhibidores importantes en el crecimiento de plantas superiores, incluyendo malezas (Calle, 2010). Se ha determinado que terpenoides específicos inducidos han sido correlacionados con interacciones planta-planta, planta-insecto y planta-patógeno (Labrada, 2006).

### **Potencial alelopático de la Chamba (*Campomanesia lineatifolia* Ruiz y Pav, 1798)**

La especie presenta varios nombres comunes en los que se nombran, Champa, palillo, guayabo anselmo, guayaba de leche, guayaba de mono, guabiroba o gabiroba (guarani) y michinche (Villachica, 1996; Balaguera, 2011). Es un árbol frutal nativo de la Amazonía que crece en condiciones de temperaturas de 22 a 30 °C, con precipitaciones superiores a 1.500 mm anuales, necesita suelos de texturas francas a arcillosas. En Colombia se ha encontrado en el Chocó, Amazonas, Caquetá, Casanare, Cundinamarca y Boyacá, siendo en la región de Lengupá Boyacá, la zona de mayor producción (Balaguera, 2011). El árbol alcanza hasta 10 m de altura, con tronco y corteza delgados, color marrón claro, copa densamente ramificada. Sus hojas son simples opuestas, de forma elíptica, con bordes irregulares, ápice agudo, base redondeada con 20 cm de largo y 10 cm de ancho, haz verde brillante y envés verde opaco. Presenta inflorescencias formadas por pequeños racimos simples, con flores aisladas, medianas, cáliz con cinco sépalos soldados de color blanco muy veloso, corola con cinco pétalos libres de color blanco o amarillo. El fruto de champa es una baya ligeramente achatada de hasta 7cm de diámetro y pesa en promedio 22 g, de cuatro a diez semillas aplanadas, circulares, de 1 cm de diámetro aproximadamente (Álvarez *et al.*, 2009; Balaguera *et al.*, 2009), color marrón claro, de sabor amargo, presenta abundante pulpa jugosa, la epidermis es amarilla en estado maduro y difícilmente separable de la pulpa (Villachica, 1996, Balaguera, 2011).

Imatomi (2010), evaluó la actividad alelopática de extractos acuosos de las hojas de 15 especies pertenecientes a la familia Myrtacea sobre la germinación y crecimiento de *Lactuca sativa*, *Solanum lycopersicum* y *Allium cepa*, y encontraron que las especies, *Myrcia multiflora*, *Myrcia splendens* y *Eugenia punicifolia*, presentaron la mayor inhibición y germinación de los bioensayos, seguido por las especies *Myrcia bella*, *Psidium laruotteanum*, *Campomanesia pubescens*, *Psidium cinereum*, *Eugenia myrcianthes*, *Myrcia lingua* y *Psidium rufum*.

En *Campomanesia lineatifolia* se han realizado varios trabajos donde se reporta sustancias importantes del metabolismo secundario y su respectivo potencial, por ejemplo, Muñoz et al. (2015) reportan que en la pulpa de *Campomanesia lineatifolia* se revela la existencia de gran variedad compuestos fenólicos, principalmente difenoles y polifenoles. También, presentó actividad antioxidante siendo propuesta para ser utilizada en la industria agrícola, farmacéutica, cosmética y de alimentos (Muñoz et al., 2015). Además, el extracto etanólico de las hojas de *Campomanesia lineatifolia* resulta ser efectivo en la inhibición de lesiones gástricas generadas en ratas. Asimismo, se encuentra que estos extractos presentan actividad antioxidante por la presencia de flavonoides (catequina y quercitrina) y taninos (Madalosso et al., 2012).

Por su parte, Bonilla et al. (2005) encontraron que la semilla de *Campomanesia lineatifolia* presenta componentes tipo  $\beta$ -tricetonas, que se caracterizan por la presencia de varios grupos metilo en él un anillo del flavonoide o chalcona, considerándola una clase de metabolitos secundarios relativamente rara. También encontraron que estos compuestos presentaban actividad antimicrobiana. Un estudio realizado por Salinas (2016) indica que el extracto etanólico de semillas de *Campomanesia lineatifolia* presentó efecto alelopático al inhibir la germinación de semillas de un 100% en rábano y en maíz del 50% y se concluye que esta especie es un posible candidato para el aislamiento y la identificación de compuestos alelopáticos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Ubicación

Las semillas que se utilizaron en el ensayo fueron obtenidas en municipios de la zona centro del departamento de Boyacá, como Tunja y Paipa, en los cuales se evidencia presencia de esta especie en cultivos de interés agronómico. Las semillas de chamba se obtuvieron de frutos recolectados en el municipio de Miraflores (Boyacá). El experimento se realizó en las instalaciones del laboratorio Agronomía de la UNAD que presentó una temperatura promedio de 19°C y una humedad relativa del 60,8%.

### Diseño experimental y tratamientos

El estudio se llevó a cabo en dos fases. En la primera fase se evaluó germinación con 2 experimentos, el primero consistió en la adición del extracto de *C. lineatifolia* cada tercer día, en el segundo experimento el extracto solo se adicionó en la siembra. En los dos casos se utilizó un diseño completamente al azar con 4 tratamientos correspondientes a 4 concentraciones de extracto de semillas de chamba (0, 3, 6 y 9%). Cada tratamiento con 4 repeticiones, dando como resultado 16 unidades experimentales, cada una compuesta de una caja Petri con 100 semillas de *S. oleraceus*.

En la segunda fase se hizo la aplicación de los extractos vía foliar a las plantas. Se utilizó un diseño completamente al azar con 4 tratamientos correspondientes a 4 concentraciones de extracto de semillas de chamba (0, 3, 6 y 9%). Cada tratamiento con 4 repeticiones, dando como resultado 16 unidades experimentales, cada una compuesta de una materia con 5 plantas de *S. oleraceus*.

### Material experimental de campo y laboratorio

Las semillas de cerraja *S. oleraceus* se colectaron de municipios de la zona centro del departamento de Boyacá tales como Tunja, Duitama y Paipa, se realizó la recolección de flores estas se encontraban predispuesta a liberar la semilla, teniendo en cuenta que este es el punto ideal para la recolección para su posterior manipulación mezclando todas las semillas de cerraja (Figura 1). Una vez cosechadas las semillas se depositaron en bolsas plásticas las cuales se llevaron al laboratorio para el montaje del experimento.

Durante la colecta de las semillas, se utilizaran materiales como: cámara fotográfica, guantes de nitrilo y bolsas plásticas ziploc de polietileno resellable. En cuanto a la prueba de emergencia para esta se utilizó papel absorbente como sustrato y cajas Petri para la fase 1 (Figura 1). Para la fase 2 prueba de emergencia se utilizó turba como sustrato y recipientes de icopor para su siembra (Figura 1).

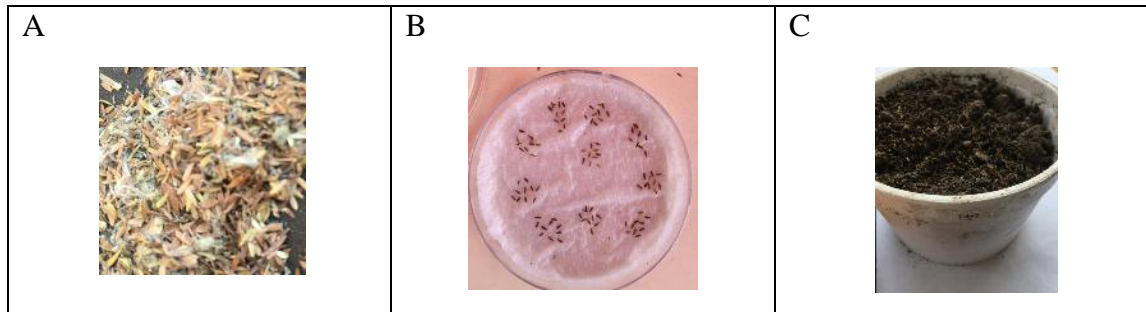


Figura 1. A. Mezcla balanceada de semillas de cerraja (*Sonchus oleraceus* L.), B. Siembra en cajas Petri fase 1-2. C. Siembra en materas fase 3

Para el desarrollo de la presente evaluación se requirió hacer uso de las instalaciones del laboratorio de agronomía de la UNAD, donde se utilizaron elementos y materiales como: Bata de laboratorio, tapa bocas, guantes de nitrilo, tijeras, papel adsorbente, agua destilada estéril, bioherbicida extractos de la semilla de *C. lineatifolia*, 32cajas de Petri, pinzas, depilador, rótulos, marcador, estereoscopio, 4 frascos ambar, datalogger, 4 frascos con spray, lupa y calibrador pie de rey digital.

### Preparación del extracto

Los extractos de la semilla de *C. lineatifolia* se obtuvieron de la Universidad El Bosque, quienes han venido preparando el extracto etanólico mediante un proceso de destilación con ayuda del rotaevaporador a partir de las semillas de frutos cosechados en el municipio de Miraflores Boyacá.

Se extrajeron manualmente las semillas de frutos completamente maduros. Luego de extraerlos se secaron a temperatura ambiente (18°C) por 24 h, pasado este tiempo, el material fue molido (sin llegar a pulverizar) y pesado para la obtención del extracto. El material molido (300 g) fue sumergido en 1 L de etanol al 96%, la mezcla fue agitada y dejada en reposo en un recipiente de vidrio tapado y forrado con papel aluminio por 48 h, el solvente fue agitado ocasionalmente durante este tiempo. Posteriormente, el líquido fue separado de la parte sólida a través de un proceso de filtrado (papel filtro Whatman 1) que después fue llevado a un proceso de destilación con ayuda de un rotaevaporador para la obtención del extracto, a partir del cual se obtuvieron diferentes concentraciones, (0, %, 3%, 6%, 9 % p/v), donde se utilizó como solvente final agua destilada.

### Métodos y procedimientos de la investigación

Las semillas fueron sembradas en las cajas Petri, en cuya base fue papel absorbente, periódicamente las semillas fueron hidratadas con los extractos alelopáticos, excepto el testigo que corresponde a agua destilada desionizada. En el segundo experimento se aplicó solo una vez el extracto bioherbicida y luego la hidratación periódica se hizo con agua

destilada. Las cajas Petri se dejaron a temperatura y humedad relativa ambiente (tabla 1) con fotoperiodo de 12 horas. Se realizaron lecturas de germinación cada tercer día desde el momento en que germinó la primera semilla, se consideró como criterio de germinación que la radícula mida mínimo 2 mm.

Para la segunda fase se sembraron semillas en materas con capacidad para 500 mL de suelo (Figura 2), se sembraron 10 semillas y cuando germinaron se dejaron 5 plantas de similar tamaño, se regaron periódicamente y se aplicó semanalmente un fertilizante para evitar deficiencias nutricionales, el grado del fertilizante fue 12-4-8 y se preparó tomando 20 mL y disolviéndolos en 2 L de agua, de esta solución se aplicó 40 mL por matera. Cuando las plantas presentaron 15 cm de altura aproximadamente (Figura 2) se procedió a hacer la aplicación de los extractos vía foliar, para esto se utilizó un atomizador de 10 mL y se procuró realizar una aplicación uniforme a todo el follaje. En cada tratamiento fue necesario agregar un surfactante para lograr una cobertura uniforme en las hojas.



Figura 2. Planta de *S. oleraceus* en el momento de la aplicación de los extractos vía foliar

### Sistema de variables

En la fase 1 para los dos experimentos se midió lo siguiente:

- **Parámetros de germinación:** Se obtuvo el número de semillas en cada lectura y el tiempo de germinación para calcular el porcentaje de germinación, velocidad media de germinación, tiempo medio de germinación y frecuencia de germinación con las fórmulas de la Tabla 1.

Tabla 1. Fórmulas para el cálculo de variables en tratamientos de germinación. Dónde: P = número de semillas germinadas; T = tiempo germinación; n = día último control; x1, x2, x15 = semillas germinadas día 1, 2,...n; d1, d2,... dn = días incubación, Xi = semillas germinadas por día de revisión y Xn = número total de semillas germinadas hasta el último día de control.

FÓRMULAS UTILIZADAS PARA EL CÁLCULO DE VARIABLES		
VARIABLE	FÓRMULA	UNIDAD
<b>Porcentaje de germinación (PG)</b>	$PG = \frac{\text{No. de semillas germinadas}}{\text{No. de semillas sembradas}} \times 100$	%
<b>Velocidad media de germinación (VMG)</b>	$(VMG) = P1/T1 + P2/T2 + \dots + Pn/Tn$	<i>Semillas germinadas/día</i>
<b>Tiempo medio de germinación (TMG)</b>	$(TMG) = ((x1 d1) + (x2 d2) + \dots (xn dn))/Xn$	<i>Días</i>

Fuente: Ranal y García De Santana (2006).

- **Parámetros de crecimiento:** el final del proceso de germinación, se determinó la altura y la longitud de las raíces de cada plántula mediante medición con calibrador vernier.

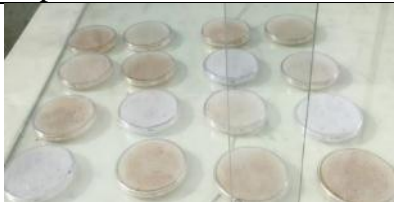



En la fase 2 se midieron las siguientes variables a los 2, 5 y 5 días después de la aplicación de los extractos:

- **Incidencia de daño (%):** Número de plantas con daño por el herbicida/ Número total de plantas x100.
- **Severidad del daño (%):** el cual se determinó con la utilización de la escala propuesta por la Asociación Latinoamericana de Malezas-ALAM mediante la siguiente escala visual (Tabla 2):

Tabla 2. Sistema de evaluación visual de control de malezas

Índice	Denominación
0-40	Ninguno o pobre
41-60	Regular
61-70	Suficiente
71-80	Bueno
81-90	Muy bueno
91-100	Excelente

Tabla 3. Vista montaje Fase 1 (Experimento 1-2) Vista montaje Fase 2 (Experimento 3)

Vista montaje Fase 1		Vista montaje Fase 2
Experimento 1	Experimento 2	Experimento 3
		
Extractos listos para aplicar		
		

### Análisis estadístico

Con los datos obtenidos se realizaron análisis de varianza para determinar diferencias estadísticas, para encontrar los mejores tratamientos se realizó una prueba de comparación de promedios de Tukey ( $P \leq 0,05$ ). Los análisis se llevaron a cabo con el programa estadístico SPSS IBM v. 19.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Fase 1. Aplicación en preemergencia

**Porcentaje de germinación:** Se presentaron diferencias significativas entre las concentraciones del extracto y el control (sin extracto) en los dos experimentos. Se encontró que con cualquier extracto se inhibió totalmente la germinación (Figura 3, Tabla 3).

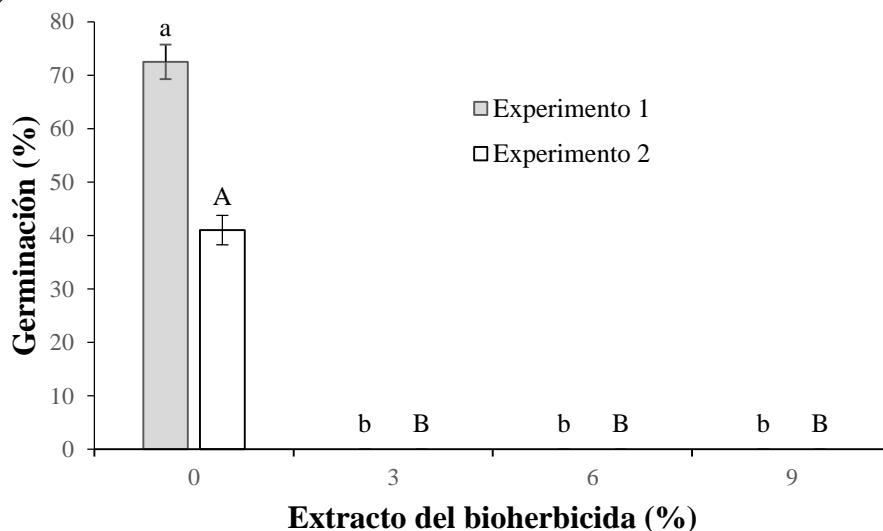










Figura 3. Efecto bioherbicida del extracto alelopático de semillas de *Campomanesia lineatifolia* sobre el porcentaje de germinación de semillas de *Sonchus oleraceus*. Promedios seguidos de letras diferentes en cada experimento indican diferencias significativas de acuerdo con la prueba de Tukey ( $P < 0,05$ ). Barras verticales en cada promedio indican el error estándar ( $n=4$ ). Experimento 1: Aplicación continua de los extractos. Experimento 2: aplicación de los extractos solo en la siembra de las semillas.

La inhibición total de la germinación obtenida con los extractos de *C. lineatifolia* puede deberse a la presencia de metabolitos secundarios que afectan directamente a las células y causan la muerte de las semillas. En *C. lineatifolia* se han realizado varios trabajos donde se reporta sustancias importantes del metabolismo secundario, Muñoz et al. (2015) reportan la existencia de gran variedad compuestos fenólicos, principalmente difenoles y polifenoles. También, presentó actividad antioxidante siendo propuesta para ser utilizada en la industria agrícola, farmacéutica, cosmética y de alimentos (Muñoz et al., 2015). Además, el extracto etanólico de las hojas presentan actividad antioxidante por la presencia de flavonoides (catequina y quercitrina) y taninos (Madalosso et al., 2012). Por su parte, Bonilla et al. (2005) encontraron que la semilla presenta componentes tipo  $\beta$ -tricetonas, que se caracterizan por la presencia de varios grupos metilo en un anillo del flavonoide o chalcona, considerándola una clase de metabolitos secundarios relativamente rara.



Tabla 4. Germinación de *S. Oleraceus* bajo el efecto de los extractos de *C. lineatifolia*

Concentración del extracto	Experimento 1	Experimento 2
0%		
3%		
6%		
9%		

También encontraron que estos compuestos presentaban actividad antimicrobiana. Un estudio realizado por Salinas (2016) indica que el extracto etanólico de semillas de *Campomanesia lineatifolia* presentó efecto alelopático al inhibir la germinación de semillas de un 100% en rábano y en maíz del 50% y se concluye que esta especie es un posible candidato para el aislamiento y la identificación de compuestos alelopáticos.

Imatomi (2010), evaluó la actividad alelopática de extractos acuosos de las hojas de 15 especies pertenecientes a la familia Myrtaceae sobre la germinación y crecimiento de *Lactuca sativa*, *Solanum lycopersicum* y *Allium cepa*, y encontraron que las especies, *Myrcia multiflora*, *Myrcia splendens* y *Eugenia punicifolia*, presentaron la mayor inhibición y germinación de los bioensayos, seguido por las especies *Myrcia bella*, *Psidium laruotteanum*, *Campomanesia pubescens*, *Psidium cenereum*, *Eugenia myrcianthes*, *Myrcia lingua* y *Psidium rufum*. Lo cual respalda los resultados obtenidos en este estudio donde la mirtácea *C. lineatifolia* tiene efecto alelopático que inhiben la germinación. Sin embargo saber con certeza como actúa el extracto aplicado es muy difícil, pues el extracto puede tener un importante número de metabolitos secundarios diferentes que pueden tener

acción alelopática, pues según Rice (1984) los inhibidores químicos contenidos en extractos vegetales producidos por los agentes alelopáticos corresponden a metabolitos secundarios y pertenecen a varias clases de compuestos como fenoles, aldehídos, glucósidos, terpenos y cianinas orgánicas. En concordancia Hill et al. (2007), indican que la fitotoxicidad de los extractos de *Vicia vellosa* y *Vigna unguiculata* es probable que esté asociada con especies específicas.

Resultados similares fueron obtenidos por Gil et al (2012), quienes con la aplicación de los extractos de *Swinglea glutinosa* y *Lantana camara* inhibieron la germinación de *Senna obtusifolia*, *Amaranthus dubius*, *Rumex crispus*, *Brassica rapa* y *Poligonum segetum*. En el caso de *Swinglea* inhibió la germinación con la concentración más 0,5% y *Lantana* con un extracto de 2,0% (Gil et al., 2012). Seabra et al. (2017) evaluaron concentraciones alelopáticas de *Canavalia ensiformis* sobre la germinación de *Carthamus tinctorius*, en este caso la inhibición se obtuvo con una concentración de extracto de 75% indicando que el extracto de *C. lineatifolia* es mucho más eficiente porque necesitó solo 3% para inhibir germinación.

A pesar de que no hubo germinación se queda con la duda si el embrión murió o simplemente no se produjo la germinación, pues Gil et al. (2012) reportan que los extractos de *Swinglea glutinosa* y *Lantana camara* pudieron inhibir la germinación posiblemente por poseer compuestos que estimulan ácido abscísico e inhiben enzimas hidrolasas que actúan en germinación. Pero también Gil et al. (2012) mencionan que según Guedes et al. (2002), la germinación puede verse inhibida por efecto de los metabolitos secundarios (fenoles, terpenoides, saponinas, etc) al afectar varios procesos fundamentales como la respiración, la división celular, la síntesis de giberelinas, la permeabilidad de las testas, entre otros. Para dilucidar un poco esta situación se recomienda realizar una prueba de tetrazolio a las semillas que no germinen, de esta forma si la prueba da positivo es que se inhibió la germinación pero el embrión sigue vivo, si no da positivo es que el extracto de *C. lineatifolia* causó la muerte de la semilla.

Resultados favorables también los obtuvo Mendonça (2008), quien determinó las sustancias aleloquímicas del extracto acuoso de *Canavalia ensiformis* por la técnica de HPLC y evaluó su influencia en la germinación de *Ipomoea grandifolia* y *Comelina benghalensis*, en las cuales causó inhibición de la germinación.

**Velocidad media de germinación:** en los dos experimentos se encontró que hay diferencias estadísticas entre los extractos de *C. lineatifolia*, de tal manera que con cualquier concentración se inhibió la germinación de *S. oleraceus* y por tanto no hubo velocidad de germinación, con el testigo (0% del extracto) las semillas presentaron una VMG de 5,4 semillas germinadas/día para el experimento 1 y 3,13 semillas germinadas/día para el experimento 2 (Figura 4). Esto pone en evidencia que el extracto de *C. lineatifolia* al parecer causó fitotoxicidad en las semillas de *S. oleraceus*, lo cual como se explicó anteriormente puede ser debido a los compuestos derivados del metabolismo secundario

como terpenoides, compuestos fenólicos, cumarinas etc, que afectan el crecimiento y desarrollo de los tejidos vegetales (Taiz y Zeiger, 2010), que en este caso son las semillas.

Seabra et al. (2017) indican que los efectos alelopáticos de las plantas pueden causar inhibición del porcentaje y de la velocidad de germinación y puede reducir el crecimiento inicial. Lo cual coincide con este estudio, pues el extracto evaluado afectó negativamente la germinación.

En relación a la VMG encontrada en las semillas sin extracto, estos valores son similares a los reportados por Guevara (2018) para esta misma especie, quien encontró VMG cercana a 7 semillas germinadas/días y un porcentaje de germinación alrededor del 80%.

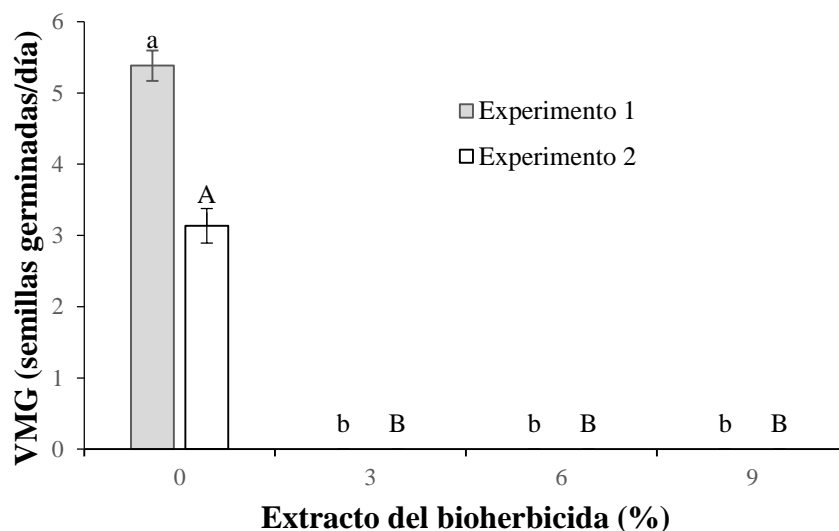


Figura 4. Efecto bioherbicida del extracto alelopático de semillas de *Campomanesia lineatifolia* sobre la velocidad media de germinación de semillas de *Sonchus oleraceus*. Promedios seguidos de letras diferentes en cada experimento indican diferencias significativas de acuerdo con la prueba de Tukey ( $P<0,05$ ). Barras verticales en cada promedio indican el error estándar ( $n=4$ ). Experimento 1: Aplicación continua de los extractos. Experimento 2: aplicación de los extractos solo en la siembra de las semillas.

**Tiempo medio de germinación:** hubo diferencias estadísticas entre las concentraciones de extractos de *Campomanesia lineatifolia* en los dos experimentos. Como se inhibió la germinación con lo extracto del bioherbicida y solo hubo germinación en el testigo, se encontró un TMG de 13 días en los dos experimentos (Figura 5). Tiempo similar fue encontrado para esta especie por Guevara (2018).

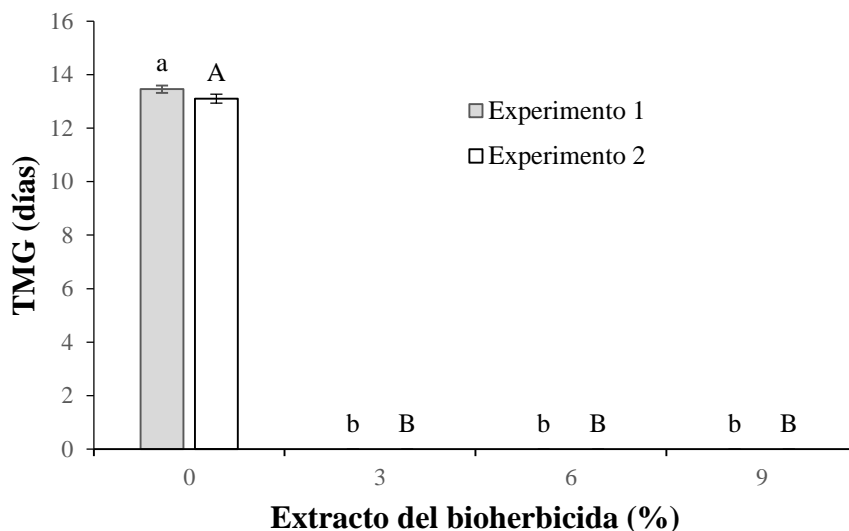


Figura 5. Efecto bioherbicida del extracto alelopático de semillas de *Campomanesia lineatifolia* sobre el tiempo medio de germinación de semillas de *Sonchus oleraceus*. Promedios seguidos de letras diferentes en cada experimento indican diferencias significativas de acuerdo con la prueba de Tukey ( $P < 0,05$ ). Barras verticales en cada promedio indican el error estándar ( $n=4$ ). Experimento 1: Aplicación continua de los extractos. Experimento 2: aplicación de los extractos solo en la siembra de las semillas.

### Parámetros de crecimiento

Como el extracto de *C. lineatifolia* inhibió la germinación de *S. oleraceus* solo se pudo medir el crecimiento en las plántulas en el tratamiento testigo, se observó diferencias significativas con respecto a las demás concentraciones del extracto, en promedio las plántulas presentaron 2 hojas (Figura 7), longitud de raíz de 1,98 cm (Figura 8) y longitud del tallo de 0,18 cm (Figura 9). Guevara (2018) reportó longitudes de raíz cerca de 2 cm, similar a lo encontrado en este estudio, indicando un crecimiento normal. El número de hojas fue 2 porque solo se presentaron las hojas cotiledonales en el momento de la lectura (Tabla 3). El tallo es muy corto en ese momento el órgano de mayor longitud es la raíz, además el tallo presentaba un color verde rojizo y las hojas completamente verdes. No se puede discutir efecto alelopático del extracto sobre el crecimiento de las plántulas porque el efecto fue 100% de inhibición en la germinación, se recomienda diseñar otro experimento donde se haga aplicación de los extractos en las plántulas a los pocos días de haber emergido. En otro estudio se reportó que los compuestos fenólicos fueron los responsables de inhibir el crecimiento de raíz de *Echinochloa crus-galli* (Chon y Kim, 2004).



Figura 6. Plántulas de *S. oleraceus* del tratamiento testigo.

Gil et al. (20012) encontraron que con extractos de *Swinglea* hubo completa inhibición radicular en las cinco arvenses que ellos evaluaron, lo cual concuerda con el efecto negativo sobre la germinación, si no se presenta germinación, no existe desarrollo radicular, tal como ocurrió en el presente estudio.

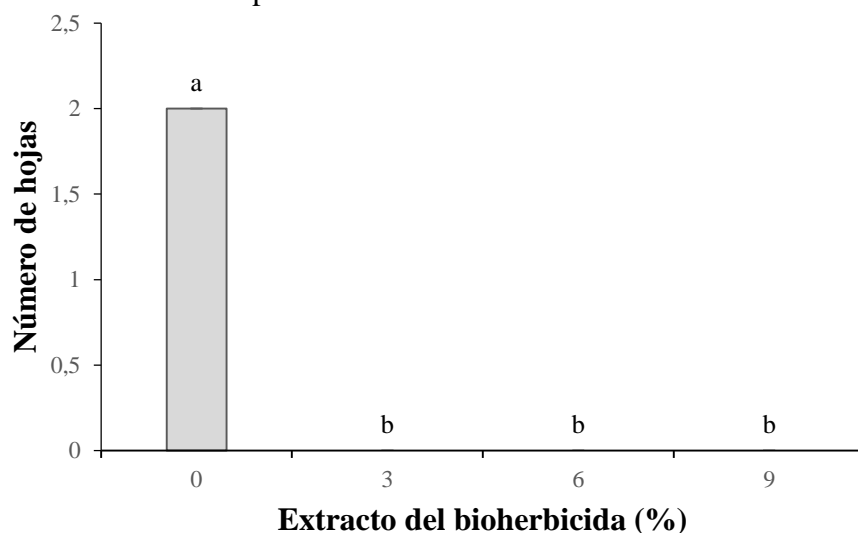


Figura 7. Efecto bioherbicida del extracto alelopático de semillas de *Campomanesia lineatifolia* sobre el número de hojas de plántulas de *Sonchus oleraceus*. Promedios seguidos de letras diferentes indican diferencias significativas de acuerdo con la prueba de Tukey ( $P < 0,05$ ). Barras verticales en cada promedio indican el error estándar ( $n=4$ ).

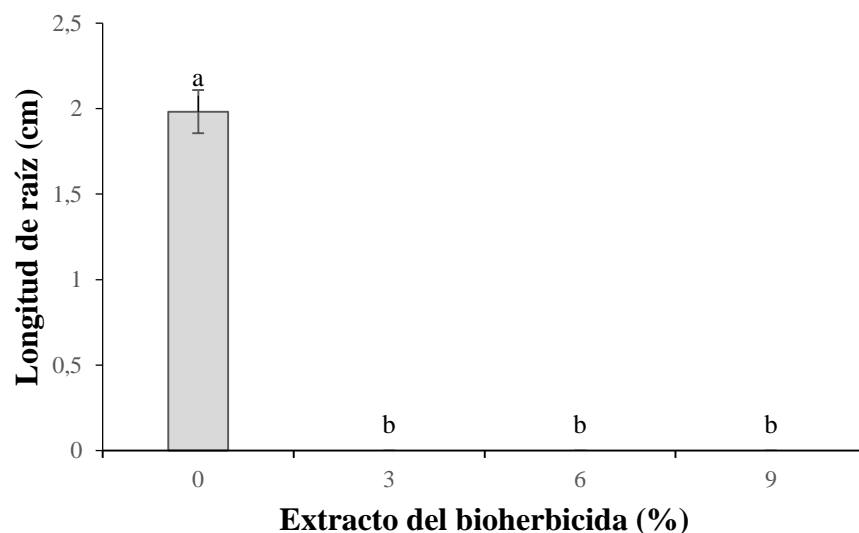


Figura 8. Efecto bioherbicida del extracto alelopático de semillas de *Campomanesia lineatifolia* sobre la longitud de raíz de plántulas de *Sonchus oleraceus*. Promedios seguidos de letras diferentes indican diferencias significativas de acuerdo con la prueba de Tukey ( $P < 0,05$ ). Barras verticales en cada promedio indican el error estándar ( $n=4$ ).

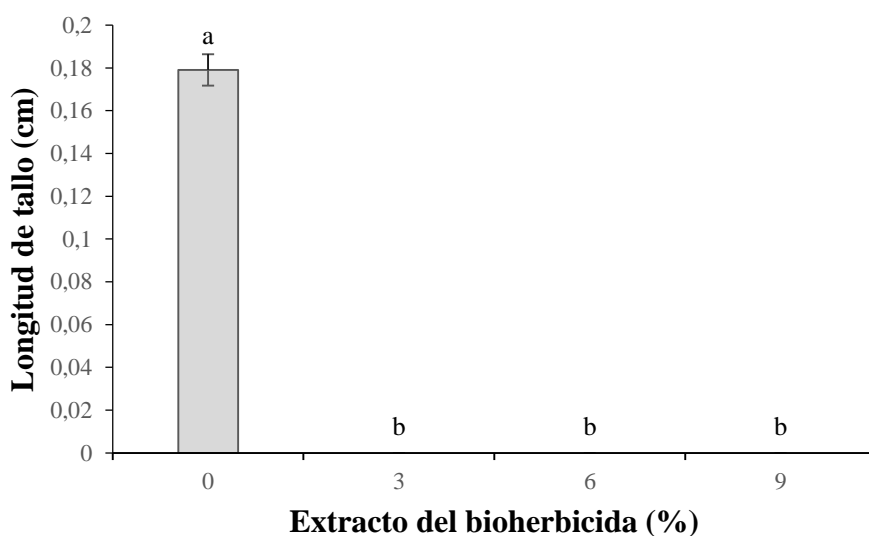


Figura 9. Efecto bioherbicida del extracto alelopático de semillas de *Campomanesia lineatifolia* sobre la longitud del tallo plántulas de *Sonchus oleraceus*. Promedios seguidos de letras diferentes indican diferencias significativas de acuerdo con la prueba de Tukey ( $P < 0,05$ ). Barras verticales en cada promedio indican el error estándar ( $n=4$ ).

## Fase 2. Aplicación en postemergencia

**Incidencia (%):** desde los 2 días se evidenció que todas las plantas presentaron síntomas de daño por el extracto de *C. lineatifolia*, es por esto que se presentó 100% de incidencia (Figura 10). a los 5 y 8 días se siguió observando 100% de incidencia de daño. Como se puede ver en la figura 10 los síntomas fueron amarillamientos localizados y manchas necróticas, poniendo en evidencia que *C. lineatifolia* tiene potencial como bioherbicida. Al respecto por ejemplo Khan y Khan (2015) encontraron que los extractos de varias plantas disminuyeron la densidad de malezas incluso a una tercera parte en relación al testigo en un cultivo de trigo con la aplicación de *Ammi visnaga* y *Convolvulus arvensis*.

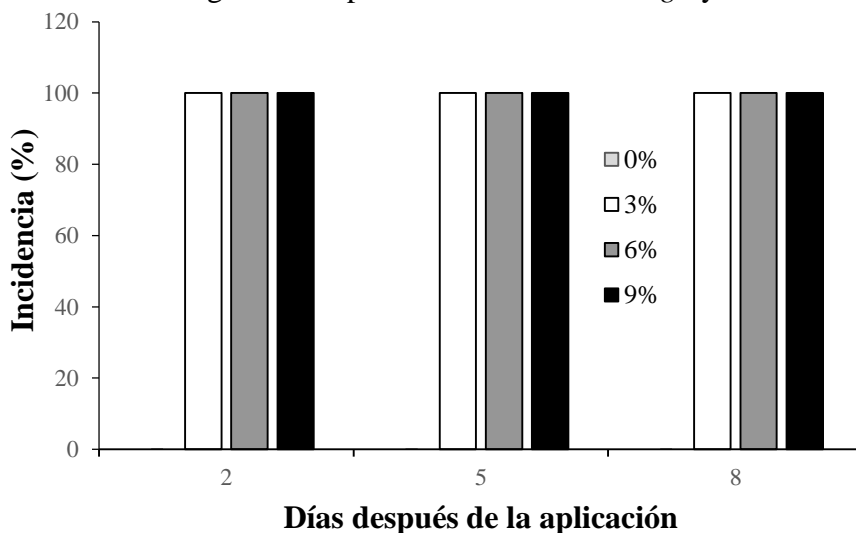




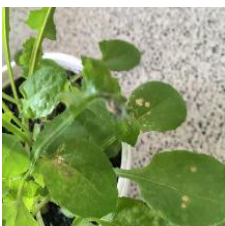
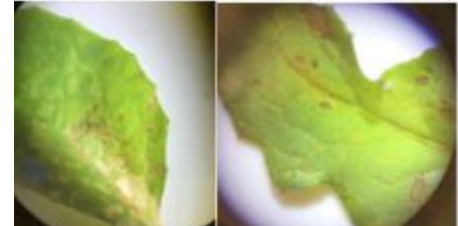




Figura 10. Efecto bioherbicida del extracto alelopático de semillas de *Campomanesia lineatifolia* sobre la incidencia de daño en plantas de *Sonchus oleraceus*.

**Severidad del daño (%):** Se vieron diferencias significativas en todo el estudio y fue mayor daño a mayor dosis. a los 2 días de la aplicación (primera lectura) el daño con los extractos estuvo sobre 40%, a los 5 días (segunda lectura) con 9% del extracto se alcanzó 63% de daño y a los 8 días (tercera lectura) el daño en este tratamiento fue de 74,5%, los otros extractos presentaron daños inferiores pero representativos (Figuras 11). A pesar de que las plantas no murieron e incluso algunas querían empezar a florecer tal vez por el estrés del extracto, si se puede evidenciar claramente que *C. lineatifolia* ejerce efecto alelopático sobre *S. oleraceus* y se puede considerar como bioherbicida y además con un gran potencial.

Tabla 5. Síntoma de daño causado en hojas de *S. oleraceus* por aplicación de extracto etanólico de *C. lineatifolia*.

Concentración del extracto	Vista de planta completa	Vista hojas desde Estereoscopio
0%		
3%		
6%		
9%		



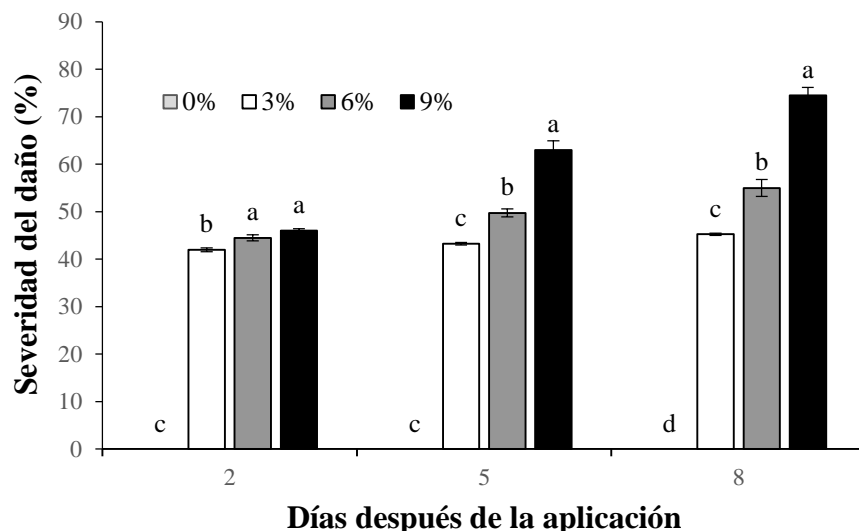


Figura 11. Efecto bioherbicida del extracto alelopático de semillas de *Campomanesia lineatifolia* sobre la severidad del daño en plantas de *Sonchus oleraceus*. Promedios seguidos de letras diferentes en cada día de evaluación indican diferencias significativas de acuerdo con la prueba de Tukey ( $P < 0,05$ ). Barras verticales en cada promedio indican el error estándar ( $n=4$ ).

Por ejemplo Gil et al. (2012) reportaron desde síntomas de toxicidad ligeramente visibles a muerte en diferentes arvenses (*Senna obtusifolia*, *Amaranthus dubius*, *Rumex crispus*, *Brassica rapa* y *Poligonum segetum*.) bajo la aplicación de extractos de *Swinglea glutinosa* y *Lantana camara*. Es importante destacar que en el estudio de Gil et al. (2012) los extractos eran de máximo el 5% de concentración.

Blanco (2006) reporta varios mecanismos de acción de los agentes alelopáticos, por ejemplo pueden actuar estimulando cierre estomático, inhibiendo transporte de electrones en fotosistema II y en mitocondrias, disminuyendo la síntesis de ATP, afectando membranas celulares, degradando las auxinas, entre otros. En *C. lineatifolia* esto es desconocido, no se sabe que pueda afectar en la planta, posiblemente afecta directamente las clorofilas porque genera amarillamientos o clorosis, también se puede pensar que afecta mucho a las membranas celulares porque genera síntomas muy rápidos y típicos como las necrosis, dentro de los herbicidas químicos los que causan estos síntomas incluyen a los disruptores de membranas y los inhibidores de la fotosíntesis (Zimdahl, 2007), además todavía no se sabe claramente si son selectivos pero si se pudo evidenciar que son de contacto porque el daño fue localizado como se observa en la figura 10. Para determinar la selectividad se recomienda que se hagan experimentos en plantas de hoja angosta como gramíneas. También es de destacar que los aleloquímicos pueden ser más biodegradables que los herbicidas tradicionales, pero también pueden tener efectos nocivos en los cultivos, por eso hay que hacer más estudios antes de su uso comercial (Ma et al., 2006; Singh et al., 2003).

Los resultados obtenidos aportan a la afirmación de Stefanello (2016), en que las sustancias alelopáticas han sido estudiadas con el objetivo de minimizar las aplicaciones de agroquímicos, en este caso herbicidas, lo que largo plazo puede minimizar los efectos negativos en el ambiente y en la salud humana. Es así que Oliveros-Bastida (2008) mencionó que existe gran diversidad de sustancias con potencial alelopático, y de su evaluación fitotóxica, y con interés como moléculas bases para el desarrollo de herbicidas, y se destacan alrededor de 100 moléculas de cada uno de los siguientes grupos: terpenos, cumarinas, benzoquinonas y alcaloides. No obstante este mismo autor cita que el desarrollo del uso de herbicidas fuentes naturales en la industria agroquímica ha sido muy limitado. Por tanto, con *C. lineatifolia* hasta ahora se está dando el primer paso y es necesario muchos estudios posteriores para lograr que se use como bioherbicida a nivel comercial.

## CONCLUSIONES

- El extracto etanólico de semillas de *Campomanesia lineatifolia* inhibió la germinación de las semillas de *Sonchus oleraceus*, solo hubo germinación en las semillas sin extracto (testigo). Por tanto, no se pudo ver efecto inhibitorio directo del extracto sobre el crecimiento de las plántulas a través del número de hojas, longitud de raíces y tallo.
- Se encontró un porcentaje máximo de germinación en semillas de *Sonchus oleraceus* de 72,5%, una velocidad media de germinación de 5,38 semillas germinadas/días y un tiempo medio de germinación de 13,5 días.
- En la fase 1 tanto con aplicación continua del extracto como aplicado solo una vez a la siembra de las semillas se observó inhibición de la germinación de semillas de *Sonchus oleraceus*.
- En la fase 2 de aplicación foliar se observó una incidencia del 100% con cualquiera de las concentraciones evaluadas con síntomas de clorosis y necrosis.
- La severidad del daño se observó desde el día 2 después de la aplicación indicando que el efecto bioherbicida es rápido.
- Con cualquier concentración del extracto se observaron síntomas de daño en las plantas de *Sonchus oleraceus* pero con la mayor dosis o sea 9% el daño fue mayor, no obstante no se logró causar la muerte de las plantas.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar estudios con especies de hoja angosta como gramíneas para saber si hay selectividad del herbicida.
- Es recomendable hacer un experimento con aplicación de los extractos con las plántulas recién emergidas.
- Se recomienda hacer prueba de viabilidad en las semillas no germinadas con los extractos de *C. lineatifolia* para saber si murieron los embriones o simplemente no se indujo la germinación.
- Es necesario hacer estudios en plantas cultivables para saber si hay selectividad y si se puede hacer aplicación generalizada o dirigida solo a las malezas.

## LISTA DE REFERENCIAS

- Álvarez-Herrera, J.G., H. E. Balaguera-López y J.F. Cárdenas. 2009. Caracterización fisiológica del fruto de champa (*Campomanesia lineatifolia* Ruiz. y Pavón), durante la poscosecha Revista UDCA Actualidad y Divulgación Científica, 12(2), 125-134.
- Arrieta, J.M. 2001. Informe anual de actividades 2.000. Programa Nacional de Manejo Integrado de Plagas-MIP. CORPOICA C.I. Tibaitatá. 56 p.
- Balaguera, H. 2011. Estudio del crecimiento y desarrollo del fruto de champa (*Campomanesia lineatifolia* R y P) y determinación del punto óptimo de cosecha. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Balaguera-López, H.E., J.G. Álvarez-Herrera y D.C. Bonilla. 2009. Crecimiento y desarrollo del fruto de champa (*Campomanesia lineatifolia* Ruiz y Pavón), Revista UDCA Actualidad y Divulgación Científica 12(2),113-123.
- Blanco, Y. y Leyva, A. Las arvenses en el agroecosistema y sus beneficios agroecológicos como hospederas de enemigos naturales. Cultivos Tropicales, 28(2), 2007, pp. 21–28, ISSN 1819-4087
- Bonilla, A., C. Duque, C. Garzón, Y. Takaishi, K. Yamaguchi, N. Hara y Y. Fujimoto. 2005. Champanones, yellow pigments from the seeds of champa (*Campomanesia lineatifolia*). Phytochemistry 66, 1736-1740.
- Bower. 1991. Las alelopatías en la producción agrícola. Agricultura de las Américas, 40(1),8-11.
- Blanco Valdes, Y. 2006. El Rol De Las Arvenses Como Componente En La Biodiversidad De Los Agroecosistemas. Cultivos Tropicales, 34-56.
- Brand, J., Yaduraju, N.T., Shivakumar, B.G., McMurray, L., 2007. Weed management. In: Yadav, S.S., McNeil, D.L., Stevenson, P.C. (Eds.), Lentil: An Ancient Crop for Modern Times. Springer, Netherlands, pp. 159–172.
- Calle, M. 2010. Control de la germinación in vitro de *Araujia sericifera* con aceites esenciales de *Laurus nobilis*, *Myrtus communis*, *Citrus sinensis* y *Citrus limon*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- Cerna, L. 2013. Ciencia y tecnología de malezas. Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo (Perú). Fondo Editorial UPAO. 429 p.
- Chon S.U. y Y.M. Kim. 2004. Herbicidal potential and quantification of suspected allelochemicals from four grass crop extracts. J. Agron. Crop Sci. 190(2), 145-150.
- Cobb, A.H y Reade, J. 2010. Herbicides and plant physiology. Second Edition. Editorial John Wiley and Sons, Oxford. 277 p.
- Culliney, T. 2005. Benefits of classical biological control for managing invasive pants. Crit. Rev. Plant Sci. 24, 131-150.
- Dekker, J. 2011. Evolutionary ecology of weed. Agronomy Department, Iowa State University, Ames, IA.

- Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas (DANE). (2012). Departamento de Boyacá. [en línea] Disponible en: [https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/enda/ena/Presentacion\\_Boyaca\\_2012.pdf](https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/enda/ena/Presentacion_Boyaca_2012.pdf) [Consultado 4 Mar. 2018].
- Fernández, G. 2006. Efecto alelopático del de Boniato (*Ipomoea batata* (L) Lam), sobre la germinación y crecimiento e cultivos y malezas. Santa Clara, Cuba.: Universidad Central Marta Abreu de Las villas.
- Ferrero, A., Tinarelli, A., 2008. Rice Cultivation in the EU Ecological Conditions and Agronomical Practices, in: Capri, Karpouzas, D.G. (Eds), Pesticides Risk Assessment in Rice Paddies: Theory and Practice. Elsevier B.V., 1 – 24.
- Fuentes, C. y Romero C. 1991. Una visión del problema de las malezas en Colombia. *Agronomía Colombiana*. 8 (2), 364 - 378
- Fuentes, Cilia; Eraso; Cerón; Piedrahíta. 2011. Flora Arvense del Altiplano Cundiboyacense de Colombia. Bogota, Universidad Nacional, Bogota, Colombia, Bayer Crop Science. 350 p.
- García, S. (2013). Actividad herbicida del aceite esencial de *Thymus capitatus* (L.) Hoffmanns. et Link. y efectividad en función de distintos métodos de aplicación. Valencia: Universidad Politécnica De Valencia.
- Gil, I., A. Celis y J.C Cuevas. 2010. Efecto inhibitorio de extractos de *Swinglea glutinosa* (Blanco) Merr. y *Lantana camara* L. en preemergencia y posemergencia. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 4(2), 223-224.
- Gómez, 2008 Neighborhood analyses of the allelopathic effects of the invasive tree *Ailanthus altissima* in temperate forests. *Journal of Ecology* 96:447-458.
- Gonsebatt, G.F.; Salate, S.; Viscarret, M.; Lietti M 2005. Determinación de especies de moscas blancas (*Hemiptera Aleyrodidae*) en cultivos y malezas asociadas al cinturón hortícola de Rosario. *Actas VI Congreso de Entomología*, San Miguel de Tucumán, Argentina, p.14
- Guedes, C. M.; C. Melo De Souza; V. De Moraes; G. E. Alves de Carvalho y S. De Paiva-F. 2002. Efeitos de extratos aquosos de tiririca sobre a germinação de alface, pimentão e jiló e sobre a divisão celular na radícula de alface. *Ceres* 49(281), 1-11.
- Guevara, J. 2018. Evaluación fisiológica de semillas de cerraja (*Sonchus oleraceus* L.) a través de diferentes tratamientos pregerminativos, Tesis de grado, Facultad de ciencias agropecuarias, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 59p.
- Guglielmini, A., C. Ghera y E. Satorre. 2007. Co-evolution of domesticated crops and associated weeds. *Ecol. Austral* 17, 167-178.
- Hakansson, S. 2003. Weeds and weed management on arable land. An ecological approach. CABI Publishing. Cambridge. U.K. 274 pp.
- Heap, I. 2008. International survey of herbicide-resistant weeds. Disponible en: <http://www.weedscience.org/in.asp>.
- Hill, E. C.; M. Ngouajio y M. G. Nair. 2007. Allelopathic potential of hairy vetch (*Vicia villosa*) and cowpea (*Vigna unguiculata*) methanol and ethyl acetate extracts on weeds and vegetables. *Weed Technol.* 21(2), 437-444.
- Imatomi, M. 2010. Estudo alelopático de espécies da família myrtaceae do cerrado. Sao Paulo: Universidade Federal de São Carlos.

- Khan, I. y M. Khan. 2015. Técnicas ecológicas de control de malezas (extracto alelopático) en el cultivo de trigo. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6 (6), 1307-1316.
- Koornneef, M.; Bentsink, L. y Hilhorst, H. Seed dormancy and germination. *Current Opinion. Plant Biol.*, 2002, vol. 5, p. 33-36.
- Labrada, R. 2006. Manejo de malezas para países en desarrollo: addendum 1. Roma: Food y Agriculture Org.
- Labrada, R.; Caseley, J. C.; Parker, C. y Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 1996. Manejo de malezas para países en desarrollo. Ed. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma, 403 p.
- López, M. y Rodríguez, J. 1995. Diagnóstico del mercadeo de la champa en el Municipio de Miraflores Boyacá. Trabajo de grado para optar al título de Tecnólogo en Mercadeo. Instituto de Educación Abierta y a distancia. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Tunja. 86 p.
- Lorenzo. 2010. Alelopatía: una característica ecofisiológica que favorece la capacidad invasora de las especies vegetales. *Universidad de Vigo*, 49, 76-89
- Ma, H. J.; Shin, D. N.; Lee, I. J.; Koh, J. C.; Park, S. K. and Kim, K. U. 2006. Allelopathic potential of K21, selected as a promising allelopathic rice. *Weed Biol. Manag.* 6:189-196.
- Madalosso, R.O. 2012. *Campomanesia lineatifolia* Ruiz y Pav. as a gastroprotective. *Journal of Ethnopharmacology*, 139, 772-779.
- Mairosser, A., Cano, F. 2006. Pro huerta: La Cerraja, un aliado en la huerta. Ascasubi Informa N° 58, INTA, Estación Experimental Agropecuaria Hilario Ascasubi, Buenos Aires, Argentina
- Maldonado, C. 2008. Efectos alelopáticos del tomate riñón (*Lycopersicum esculentum* Mill.) en condiciones de invernadero. Santa Ana de los Cuatro Ríos de Cuenca: Univesidad del Azuay.
- Menalled, F. 2010. Consideraciones ecológicas para el desarrollo de programas de manejo integrado de malezas. *Agroecología* 5, 73-78.
- Mendonça, R. 2008. Lourenço de determinação de aleloquímicos por HPLC/UV-Vis em extratos aquosos de sementes de Canavalia ensiformes e estudo da atividade alelopática. M.Sc thesis. Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, Brazil.
- Mijani S, Eskandarinasrabadi S, Zarghani H, Ghiasabadi M. 2013. Seed germination and early growth responses of hyssop, sweet basil and oregano to temperatura leavels. *Notule Scientia Biologicae* 5: 462-467.
- Monaco, T., S. Weller y F. Ashton. 2002. *Weed science. Principles and practices*. 4<sup>th</sup> ed. John Wiley y Sons, New York, NY.
- Mortimer, M. 1997. La necesidad de los estudios sobre ecología de malezas para mejorar el manejo de las malezas. Pp.17-26. En: FAO (ed.). *Consulta de expertos en ecología y manejo de malezas*. FAO, Roma.
- Muñoz, W.C. 2015. Extracción de compuestos fenólicos con actividad antioxidante a partir de Champa (*Campomanesia lineatifolia*). *Revista CENIC Ciencias Químicas*, 46, pp. 38-46, 2015.

- Oliveros, A. 2008. El fenómeno alelopático. El concepto, las estrategias de estudio y su aplicación en la búsqueda de herbicidas naturales. *Revista Química Viva*, 1, 36-42.
- Oliveros-Bastida, A. de J. 2008. El fenómeno alelopático. El concepto, las estrategias de estudio y su aplicación en la búsqueda de herbicidas naturales *Química Viva*, 7(1), 2-34.
- Ortega J. 2006. Actualización de la lista de pulgones (*Hemiptera Aphididae*) de Jujuy y Salta. Registro de *Cerrara cupressi* (Bucton). *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, INTA, 35(1):107-120.
- Osorio, E. 2009. Aspectos básicos de farmacognosia. Universidad de Antioquía. Facultad de Química Farmacéutica
- Patro, L. R. Biodiversity conservation and management. Ed. Discovery Pub. House, 2010, New Delhi, 249 p.,
- Piñeiro, M. 2000. Reflexiones sobre la Agricultura de América Latina (Documento de trabajo preparado para la Conferencia sobre Desarrollo de la Economía Rural y Reducción de la Pobreza en América Latina y el Caribe, en el marco de la Asamblea Anual de Gobernadores del Banco Interamericano de Desarrollo), Nueva Orleans, marzo 24, disponible en: [www.iadb.org/departamentos.sds.desarrollorural](http://www.iadb.org/departamentos.sds.desarrollorural).
- Plaza, G. A., M.D. Osuna, R. De Pardo y A. Heredia. 2006. Absorption and translocation of imazethapyr as a mechanism responsible for resistance of *Euphorbia heterophylla* L. biotypes to acetolactate synthase (ALS) inhibitors. *Agron. Colomb.* 24 (2), 302-305.
- Pruski, J.F. y G. Sancho. 2004. Asteraceae or Compositae (Aster or Sunflower Family). Pp. 33–39 + pl. 5 in N. Smith et al. (eds.), *Flowering Plants of the Neotropics*. Princeton Univ. Press, Princeton.
- Puente. 1998. Efectos alelopáticos del cultivo del girasol (*Helianthus annuus* L.) sobre malezas asociadas y cultivos de importancia económica. Santa Clara, Cuba: Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas.
- Ranal, M.A. y D. Garcia De Santana. 2006. How and why to measure the germination process?. *Rev. Bras. Bot.* 29(1), 1-11.
- Recasens y Conesa, J. J. (1 de Enero de 2009). UNAD. Obtenido de <http://bibliotecavirtual.unad.edu.co:2460/lib/unadsp/reader.action?docID=3213360yquery=>
- Rice, E.L. 1984. Allelopathy. 2nd ed. Academic Press, New York.
- Rzedowski, G. C. de. 1997. Compositae. Tribu Lactuceae. En: Rzedowski, G. C. de y J. Rzedowski (eds.). *Flora del Bajío y de regiones adyacentes*. Fascículo 54. Instituto de Ecología-Centro Regional del Bajío. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro, Michoacán, México.
- Sabbatini, M.R., J.H. Irigoyen y M.N. Vernavá. 2004. Estrategias para el manejo integrado de malezas: problemática, resistencia a herbicidas y aportes de la biotecnología. pp 343 – 353. En: Echenique, V., C. Rubinstein y L. Mroginski (eds.). *Biotecnología y mejoramiento vegetal*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Buenos Aires



- Salinas, L. 2016. Efecto alelopático del extracto de semillas de *Campomanesia lineatifolia* (Myrtaceae) sobre la germinación y crecimiento en plántulas de maíz y rábano. Tesis de grado para optar el título de biólogo. Universidad El Bosque. 49 p.
- Scursoni J. A. 2009. Malezas. Concepto, identificación y manejo en sistemas cultivados. Buenos Aires, Editorial Facultad Agronomía. UBA.
- Seabra J.E., D. Dal-Pozzo, A. Feiden, R. F. Santos, L. K. Tokura. 2017. Allelopathic effects of jack bean leaf aqueous extract on safflower cultures
- Singh, H. P.; Daizy, R. B. and Kohli, R. K. 2003. Allelopathic interactions and allelochemicals: new possibilities for sustainable weed management. *Critical Reviews in Plant. Sci.* 22:239-311.
- Stefanello, R., L.A.S. Neves, M.A.B. Abbad, and B.B. Vianna. 2016. Potencial alelopático de extratos de chia na germinação e no vigor de sementes de rabanete. *Rev. Cultiv. Saber* 9(1), 11-23.
- Stuart, T. 2009. Despilfarro. El escándalo global de la comida. Madrid, Alianza Editorial.
- Taiz L, Zeiger E. *Plant physiology*. 5th ed. Sunderland (MA), EE. UU.: Sinauer Associates Inc. Publishers. 2010.
- Valdes, M. (2008). Efecto alelopático de residuos de *Ipomoea batatas* (L). Lam. sobre la germinación y crecimiento de cultivos hortícolas y malezas en campo. Santa Clara, Cuba: Universidad central “marta abreu” de las villas.
- Vencill, W., R. Nichols, T. Webster, J. Soters, C. Mallory-Smith, N. Burgos, W. Johnson y R. Mc-Clelland. 2012. Herbicide resistant: toward and understanding of resistance development and the impact of herbicide-resistance crops. *Weed Sci. Spec*, 2-30.
- Villachica, H., 1996. Frutales y Hortalizas promisorios del Amazonas. Tratado de Cooperación Amazónica, Secretaría Pro Tempore, Lima, pp. 181–185.
- Zimdahl, R, L., 2007, *Fundamentals of weed science*. 3<sup>rd</sup> ed. Academic Press 758 p.